



Centro Universitário de Brasília – UNICEUB
FATECS – Faculdade de Tecnologia e Ciências
Curso de Engenharia da Computação
Disciplina: Projeto Final
Prof. Francisco Javier

SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROLE DE UMIDADE DO SOLO

Aluno: Daniel de Lima Vasconcelos
RA: 2041630/0

Professora Orientadora: M.C. Maria Marony Sousa Farias Nascimento

Brasília – DF

2010

DANIEL DE LIMA VASCONCELOS

SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROLE DE UMIDADE DO SOLO

Monografia apresentada à banca examinadora para conclusão do curso e obtenção do título e bacharel em Engenharia da Computação do Centro Universitário de Brasília – UniCeub.

Brasília – DF

2010

DANIEL DE LIMA VASCONCELOS

SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROLE DE UMIDADE DO SOLO

Trabalho apresentado ao Centro
Universitário de Brasília (UniCEUB)
como pré-requisito para a obtenção de
Certificado de Conclusão de Curso de
Engenharia de Computação.
Orientadora: Prof.^a M.C. Maria Marony
Sousa Farias Nascimento

Este Trabalho foi julgado adequado para a obtenção do Título de Engenheiro de
Computação, e aprovado em sua forma final pela Faculdade de Tecnologia e Ciências
Sociais Aplicadas - FATECS.

Prof. Abiezer Amarilia Fernandez
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof.^a M.C. Maria Marony Sousa Farias Nascimento, mestra.
Orientadora

Prof. Gil Renato Ribeiro Gonçalves, doutor.
Instituição

Prof. Carmo Gonçalves, mestre.
Instituição

Prof. Luís Cláudio Lopes de Araújo, mestre.
Instituição

DEDICATÓRIA

Eu dedico esse projeto à minha mãe Jane Gonçalves, pelo apoio constante em todas as fases da minha vida.

A minha namorada Paula, pelo amor e carinho, oferecendo todo o apoio necessário para me ajudar a seguir meu destino.

E a minha família, que mesmo em momentos adversos está sempre torcendo pelo meu sucesso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por iluminar meus caminhos; a minha namorada Paula, minha mãe Jane e a toda minha família por toda compreensão e união; a todos os profissionais que participaram e testemunharam todo o processo de amadurecimento do meu conhecimento; aos meus amigos que estavam ao meu lado em todo o meu desenvolvimento profissional e aos professores Francisco Javier e Maria Marony que me auxiliaram a trilhar todo o caminho para a conclusão do projeto proposto.

RESUMO

O consumo consciente da água vem ganhando importância e um dos maiores focos de desperdício de água está vinculado à irrigação descontrolada do solo. Esse descontrole afeta tanto à população, que sofre com a falta do recurso hídrico, quanto a vegetação que não se desenvolve adequadamente. Neste trabalho, é descrito o processo de desenvolvimento de um sistema automatizado para controle de umidade do solo. Este projeto é composto por quatro partes principais: um sensor resistivo para verificação da umidade do solo, um circuito onde está inserido um microcontrolador PIC12F675 para distribuição do envio/recepção dos sinais, uma bomba d'água de limpador de pára-brisa e um computador onde há um programa, desenvolvido em DELPHI, para monitoração e controle de todos os comandos do sistema. A comunicação lógica entre o computador e o circuito é estabelecida via porta serial.

Palavras-chave: Desperdício de água. Umidade do solo. Microcontrolador.

ABSTRACT

Conscious water consumption is becoming an important issue and one of the major focuses of water waste is attached to soil uncontrolled irrigation. This uncontrolled action affects both the population, who suffers the consequences of lack of water resources, and the vegetation, which doesn't grow properly. This work intends to describe the development process of an automated system, created to control soil humidity. This project is composed by four main parts: a resistive sensor for soil humidity check; a circuit, where a microcontroller PIC12F675 is inserted to distribute the sending and the reception of the signals; a water pump, extracted from a windshield wiper; and a computer, from where a DELPHI - based software monitors and controls all system commands. The logical communication between the computer and the circuit is established through a serial port.

Keywords: Water waste. Soil humidity. Microcontroller.

SUMÁRIO

Resumo	VI
Abstract.....	VII
Lista de Siglas.....	IX
Lista de Figuras	X
Lista de Tabelas	XI
Capítulo 1 – INTRODUÇÃO	12
1.1 – Justificativa.....	12
1.2 – Objetivos.....	13
1.2.1 – Objetivo Geral	13
1.2.2 – Objetivos Específicos	13
1.3 – Estrutura da Monografia.....	13
Capítulo 2 – Aspectos relevantes	15
2.1 – A importância da água no desenvolvimento da vegetação.....	15
2.1.1 - A água e o solo.....	15
2.2 – O desperdício de água.....	20
2.3 – Automação de Processos	20
Capítulo 3 – Desenvolvimento do Sistema	23
3.1 – Introdução.....	23
3.2 – Definição de componentes.....	25
3.2.1 – Microcontrolador PIC12F675.....	25
3.2.2 - Bomba automotiva de dispositivo limpador de pára-brisa.....	26
3.2.3 - Relé 12 V/160 mA.....	27
3.2.4 - Gravador e depurador ACE USB	27
3.2.5 - Capacitores, Resistores e Transistor.....	28
3.2.6 - Diodo e Regulador de Tensão	28
3.2.7 - Conector DB9 e cabo de conexão serial/USB.....	29
3.2.8 - Led's.....	30
3.2.9 - Fontes de 12V – 800mA (corrente contínua).....	31
3.2.10 - Sensor resistivo de umidade do solo	31
3.3 – Desenvolvimento do software	33
3.4 – Implementação do hardware.....	42
3.5 - Protocolo RS232	44
3.6 – Testes de validação	45
Capítulo 4 – Aplicação do projeto com resultados.....	48
4.1 – Definições do sistema.....	48
4.1.1 – Funcionamento do software do PIC	48
4.1.2 – Funcionamento do software do computador	49
4.1.3 – Funcionamento do circuito	49
4.1.4 - Resultados	50
Capítulo 5 – Conclusão	53
5.1 - Formas recomendadas de aperfeiçoamento do sistema.....	53
Referências Bibliográficas.....	54
Apêndice.....	56
Apêndice A.....	57
Apêndice B	59

LISTA DE SIGLAS

u - umidade gravimétrica

d_s - densidade do solo

Θ - umidade volumétrica

m_u - massa úmida

m_s - massa seca

Ψ - letra grega denominada de PSI, representa o potencial total da água

dn_a - variação de moles da água

μ_a - potencial químico da água

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Diagrama de Blocos de um Sistema de Automação	21
Figura 3.1 – Visão Geral do projeto	23
Figura 3.2 - Diagrama Esquemático do circuito.....	24
Figura 3.3 - PIC12F675	25
Figura 3.4 - Bomba d'água automotiva	26
Figura 3.5 - Gravador e depurador ACE USB	27
Figura 3.6 - Regulador de Tensão 7805	29
Figura 3.7 - Conector DB9	29
Figura 3.8 - Sensor Resistivo de Umidade do Solo	32
Figura 3.9 – Fluxo de execução dos programas do sistema	33
Figura 3.10 - Exemplo da interface do PICKit 2.....	36
Figura 3.11 - Placa do circuito.....	43
Figura 3.12 - Ligação em série entre bomba d'água, relé e fonte de 12 V.....	44
Figura 3.13 - Bits de start e stop.....	45
Figura 3.14 - Placa do circuito alimentada	46
Figura 3.15 - Interface do usuário	46
Figura 3.16 - Placa do circuito alimentada e com a bomba d'água ativa.....	47
Figura 4.1 – Protótipo do sistema.....	50
Figura 4.2 – Demonstração da irrigação automática do solo	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela ASC II – caracteres imprimíveis	39
Tabela 2 - Tabela ASC II – caracteres de controle.....	41

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 – Justificativa

A mudança nas relações de trabalho, onde os profissionais passaram a não ter limites territoriais de atuação, causaram consequências inevitáveis. Com isso, verificase que diversos profissionais passaram a cultivar pequenas hortas ou pequenos jardins como forma de combater o stress imposto pela realidade do mercado mundial. Contudo, com a falta de tempo e a necessidade de viagens freqüentes, as plantas geralmente não se desenvolvem ou acabam morrendo por, dentre outros problemas, falta de recurso hídrico.

Muitas pessoas implantam em seus jardins regadores para distribuição da água. Porém, nesses casos não há controle da quantidade de água distribuída e não há uma preocupação com a necessidade real da planta. Assim, há um desperdício de água e, como existem vegetais que necessitam apenas de uma determinada quantidade de água no solo, estes acabam morrendo devido ao excesso de água.

O processo de desenvolvimento do dispositivo de controle automatizado da umidade do solo motivou-se devido à falta de irrigação do solo na ausência do proprietário do ambiente citada anteriormente e ao desperdício de água na irrigação descontrolada do solo. Além disso, trata-se de uma solução de menor custo comparada à contratação de um jardineiro para manter o cuidado do jardim na ausência do proprietário.

Nesse estudo, são abordados os aspectos teóricos, a descrição do desenvolvimento e aplicação do projeto. Assim, os processos de construção protótipo desenvolvido e de testes do sistema são apresentados.

1.2 – Objetivos

1.2.1 – Objetivo Geral

Desenvolver um dispositivo capaz de controlar automaticamente a umidade do solo de jardins domésticos de pequeno porte. Assim, o proprietário de pequenos jardins terá a sua disposição um equipamento capaz de controlar a umidade do terreno a partir do intervalo de percentual mínimo e máximo de umidade do solo definido pelo próprio usuário. Portanto, a solução deverá ser de fácil utilização e com um baixo custo de implantação, em média de 200,00 para o desenvolvimento de todo projeto, desconsiderando o valor do computador.

1.2.2 – Objetivos Específicos

- Evitar o desperdício de água na irrigação do solo a partir do teor de umidade obtido através de um sensor resistivo de umidade do solo;
- Proporcionar autonomia no controle da umidade do solo para o desenvolvimento de plantas de pequeno porte. Assim, uma vez conectado, o sistema deverá executar a leitura de umidade ininterruptamente;
- Desenvolver uma solução de baixo custo para o uso restrito em pequenos jardins domésticos. Com isso, utilizar componentes de baixo custo;
- Oferecer comodidade ao proprietário de pequenos jardins. Com isso, permitir ao próprio usuário a definição dos parâmetros de percentual de umidade mínima e máxima.

1.3 – Estrutura da Monografia

No capítulo 1 há uma descrição geral do problema e é descrita a solução proposta.

No capítulo 2 são descritos os aspectos relevantes na implantação do projeto, onde são detalhadas as teorias que são utilizadas como fundamentos de todo o desenvolvimento do projeto.

No capítulo 3 está apresentado todo o processo de desenvolvimento do projeto. Neste capítulo são descritos todos os equipamentos utilizados, a estruturação do hardware e o processo de desenvolvimento dos softwares para o microcontrolador e para o computador.

No capítulo 4 é apresentada a aplicação do projeto com seus os resultados. Nesse momento estão descritos os testes do sistema em diferentes momentos e os resultados obtidos.

No capítulo 5 é descrito o resultado final do processo criação da solução proposta e as sugestões para serem incrementadas em trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 – ASPECTOS RELEVANTES

2.1 – A importância da água no desenvolvimento da vegetação

A água é a principal substância que constitui as células vegetais, pois ela possui características que auxiliam a ocorrência de fenômenos físicos, químicos e biológicos [FERRI, 1979]. Além disso, é o meio de difusão de solutos nas células e com sua capacidade calorífica, auxilia no controle da temperatura. Devido a sua incompressibilidade é importante na sustentação dos tecidos vegetais.

2.1.1 - A água e o solo

O solo tem como uma das suas principais características, atuar como um reservatório para a água. Com isso, ele fornece às plantas a quantidade de água na medida necessária para seu desenvolvimento.

Como a chuva não obedece a nenhum padrão, o volume fornecido às plantas é variável. Assim, caso as chuvas sejam excessivas, a capacidade de armazenamento do solo é superada e isso pode resultar em perdas por escoamento superficial, causando erosões do solo. Por outro lado, no caso de chuvas escassas a vegetação pode acabar com as reservas de água no solo, sendo assim necessária intervenção artificial no intuito de irrigar o solo e restabelecer suprimento de água.

Os fenômenos de interação da parte sólida com a parte líquida do solo viabilizam a retenção de água no estado líquido.

O solo é constituído de poros de diferentes dimensões, com tamanho reduzido, que lhe proporcionam propriedades capilares [FERRI, 1979], parcialmente responsáveis pelo armazenamento de água. Dessa forma, a água penetra nos capilares do solo devido à diferença de energia entre o ambiente dentro do capilar e fora dele, pois a água busca sempre o estado de menor energia e neste caso, o capilar internamente possui uma

energia inferior. Além disso, quanto menor o diâmetro do capilar, menor será a energia interna e assim, a água será mais fortemente retida.

A água do solo em forma de solução diluída de sais minerais e compostos orgânicos, e processos de osmose também permitem as variações nos estado de energia da água. Assim, quando a solução do solo está mais concentrada há um menor estado de energia afetando com isso, o processo de armazenamento de água no solo.

A gravidade da Terra afeta inversamente o processo de retenção de água do solo, pois ela tende a retirar a água do solo quando as forças de armazenamento não são suficientes.

O estado de energia é definido por uma função termodinâmica, denominada de potencial total da água (Ψ). Ele também é conhecido por potencial hídrico ou potencial da água.

Para a Física Clássica, o potencial total da água é equivalente a sua energia potencial.

Uma das dificuldades enfrentadas para a determinação da medida absoluta da energia dos sistemas é a medida de diferenças de energia entre os diversos estados. Com isso, normalmente, é definido um estado-padrão e a energia dos outros estados é medida pela diferença da mesmas com a energia do estado-padrão.

Assim, assumindo a água pura, em condições normais de temperatura e pressão, como um estado-padrão, estabelece-se de forma arbitrária o valor nulo de energia, conforme exposta em (1.1).

$$\Psi \text{ (padrão)} = 0 \quad (1.1)$$

A energia da água em determinada posição do solo é calculada pela diferença entre esta energia e a energia do estado-padrão. Por isso, a energia da água pode ser tanto positiva quanto negativa, dependendo do valor da diferença citada anteriormente.

Assim, o potencial total da água (Ψ) é também definido como sendo o trabalho necessário para levar a água do estado-padrão para o estado considerado.

O trabalho citado no parágrafo anterior é relacionado à interação da água com o ambiente em que se encontra. Portanto, é separado em diferentes componentes conforme abaixo:

Ψ_g = componente gravitacional

Ψ_p = componente de pressão

Ψ_{os} = componente osmótica

Ψ' = outras componentes

Com isso, o potencial total da água é calculado através da fórmula 1.2:

$$\Psi = \Psi_g + \Psi_p + \Psi_{os} + \Psi' \quad (1.2)$$

- A componente gravitacional está sempre presente, pois está vinculada ao campo gravitacional.
- A componente de pressão vincula-se às diferenças entre as pressões medidas e a pressão do estado-padrão.
- A componente osmótica está ligada à interação entre a água e sais minerais do solo.

A relevância de cada uma das componentes acima descritas é variável e podem, em alguns casos, ser desprezadas.

As componentes da água relevantes para o cálculo do potencial total são a de pressão, a gravitacional, a osmótica e a matricial [REICHARDT e TIMM, 2004].

- Componente de Pressão

Essa componente apenas é considerada quando a pressão que incide sobre a água é diferente e maior que a pressão atmosférica (P_0) padrão. Ela é calculada através da equação 1.3 abaixo citada:

$$\Psi = \int_{P_0}^P v dP \quad (1.3)$$

Assim, v representa o volume e P a pressão atmosférica.

- Componente Gravitacional

Essa componente está sempre presente, pois ela está vinculada ao campo gravitacional [REICHARDT e TIMM, 2004]. Seu cálculo é por meio da relação entre energia por volume, energia por massa ou energia por peso conforme equações que se seguem:

- Energia por Volume

$$\Psi_g = \int_0^Z \rho g dz = \rho g \int_0^Z dz = \rho g z \quad (1.4)$$

- Energia por Massa

$$\Psi_g = \int_0^Z g dz = g \int_0^Z dz = g z \quad (1.5)$$

- Energia por Peso

$$\Psi_g = \int_0^Z dz = z \quad (1.6)$$

Assim, g representa a gravidade, “ ρ ” é a densidade da água e “ z ” define a posição (profundidade).

Em um solo saturado ou quase saturado, essa componente gravitacional é a de mais significativa importância dentro do potencial total da água. Contudo, no momento em que há um aumento na perda de água, a componente matricial torna-se, gradativamente, mais importante que a gravitacional.

- Componente Osmótica

Como a água é um composto de sais minerais e substâncias orgânicas, essa componente osmótica contribui para o cálculo do potencial total da água [REICHARDT e TIMM, 2004]. Com isso, ela é determinada pela fórmula 1.7 a seguir:

$$d\Psi_{os} = \mu_a \times dn_a \quad (1.7)$$

Assim, dn_a é a variação de moles da água e μ_a é o potencial químico da água na presença de solutos.

- Componente Matricial

Devido a complexidade do cálculo da componente matricial, sua determinação é apenas experimental e sua medição é dada por meio de tensiômetros ou equipamentos de pressão ou sucção.

Também chamado de tensão da água no solo, o potencial matricial da água é resultado de forças, causadas pela interação entre a água e as partículas sólidas. Portanto, essas forças são responsáveis pela fixação da água no solo.

2.2 – O desperdício de água

No Brasil, da mesma forma da maioria dos países, a agricultura é responsável pelo maior consumo de água – por volta de 63% da captação é destinada à irrigação¹. Do restante, 18% são destinados ao uso doméstico, 14% para a indústria e os outros 5% são utilizados na criação de animais.

Segundo a coordenadora do Instituto Socioambiental (ISA), Marússia Whately, diversas cidades do Brasil apresentam problemas de poluição e desperdício de água².

No fim de 2007, o ISA confirmou que com o desperdício diário de água de todas as capitais do Brasil seria possível abastecer uma população de 38 milhões de pessoas por dia.

Tendo como base a disponibilidade anual abaixo de 1000 m³ de água renovável por pessoa, nas projeções de escassez de água em diversos países do mundo até o ano de 2025 estão inclusos os seguintes países: Malta, Djibuti, Barbados, Cingapura, Kuwait e Jordânia, Qatar, Arábia Saudita, Emirados Árabes Unidos, Iêmen, Israel, Tunísia, Cabo Verde, Quênia, Burundi, Argélia, Ruanda, Somália, Líbia, Omã, Marrocos, Egito, Camarões, África do Sul, Síria, Irã, Etiópia e Haiti [MANCUSO e SANTOS, 2004].

2.3 – Automação de Processos

Verificamos que automação é definida como “um conceito e um conjunto de técnicas por meio das quais se constroem sistemas ativos capazes de atuar com uma eficiência ótima pelo uso de informações recebidas do meio sobre o qual atuam” [SILVEIRA e SANTOS, 2004]. Assim, é determinada a melhor maneira de execução de uma ação corretiva.

¹ Dados disponíveis em “http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/artigos_agua_doce/desperdicio_de_agua.html”. Acessado em 03/03/2010.

² Dados disponíveis em Acesso em: “<http://amanatureza.com/conteudo/noticias/conscientizacao-melhora-mas-desperdicio-de-agua-ainda-e-grande>”. Acessado em 26/02/2010.

Com isso, trata-se de um sistema de realimentação e é descrito como “aquele que mantém uma relação expressa entre o valor de saída em relação ao da entrada de referencia do processo”. A vinculação entre entrada e saída é utilizada como mecanismo de controle para o alcance das expectativas definidas ao início do processo, assim, há a possibilidade de correção de eventualidade que possam gerar distorções não esperadas nos valores de saída. Por meio de softwares e hardwares existe o cálculo para alinhamento dos objetivos a serem atingidos ao final do processo.

Os mesmos conceitos são aplicados na automação. Porém, haja vista que a automação está sempre associada ao conceito de software, sua aplicação em torna um sistema mais flexível. Por isso, um sistema provido de automação garante a possibilidade de alteração brusca de todo o processo automatizado. Através disso, é atribuída ao sistema uma grande possibilidade de diferentes resultados.

Mesmo com as pequenas diferenças entre automação e automatização, todos devem basear-se nas leis básicas da cibernética (ciência que estuda e estabelece a teoria geral de sistemas). Assim, como é apresentado na figura 2.4, define-se que “todo sistema dotado de retroação e controle implica na presença de três componentes básicos, cuja principal característica é a realimentação das informações requeridas para seu controle”.

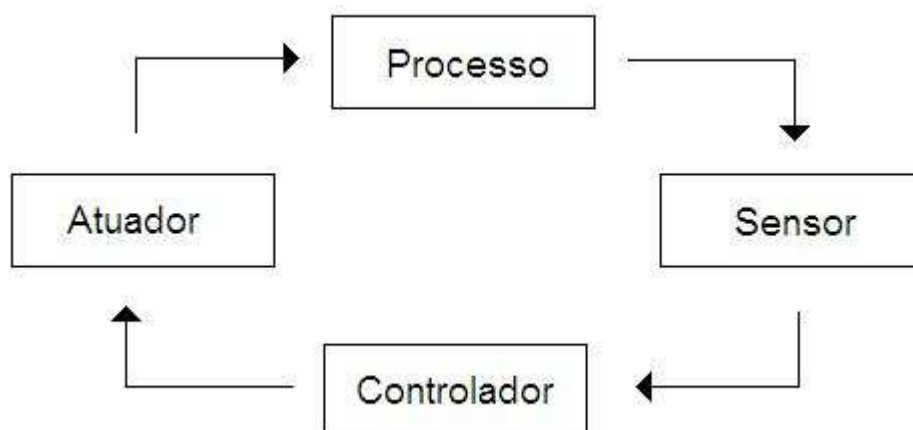


Figura 2.1 – Diagrama de Blocos de um Sistema de Automação

Fonte: SILVEIRA, Paulo R. da e SANTOS, Winderson E., 2004

- Atuador: Dispositivo que é acionado para executar alguma ação física determinada pelo controlador através de um sinal de controle. Exemplos de atuadores: válvulas, motores, aquecedores, etc.
- Sensor: Por meio da característica que define os sensores: “sensibilidade aos fenômenos físicos”, eles transmitem um sinal para os equipamentos que atuam na medição e controle.

CAPÍTULO 3 – DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

3.1 – Introdução

O desenvolvimento teve seu início a partir da definição dos equipamentos a serem utilizados no projeto. Assim, toda a estrutura física do projeto foi primeiramente definida e, em seguida, verificou-se uma linguagem adequada para viabilizar o controle de umidade do solo através do microcontrolador PIC12F675. Além disso, no intuito de facilitar a utilização do sistema foi definida a programação de uma interface, em linguagem DELPHI, de controle do sistema via PC.

Após definidos os passos iniciais do projeto, como hardware e software, foi desenvolvido o desenho do circuito a ser implementado. Nesse momento, foram analisados os dispositivos necessários para a configuração do circuito, tais como resistores, capacitores, relé, etc. Posteriormente, o diagrama esquemático do circuito foi confeccionado. Esse diagrama foi desenvolvido a partir dos dados informados no datasheet do PIC12F675, de pesquisa na internet e livros e dos conhecimentos em configuração de circuitos elétricos adquiridos durante o curso.

A figura 3.1 demonstra uma visão geral do projeto.

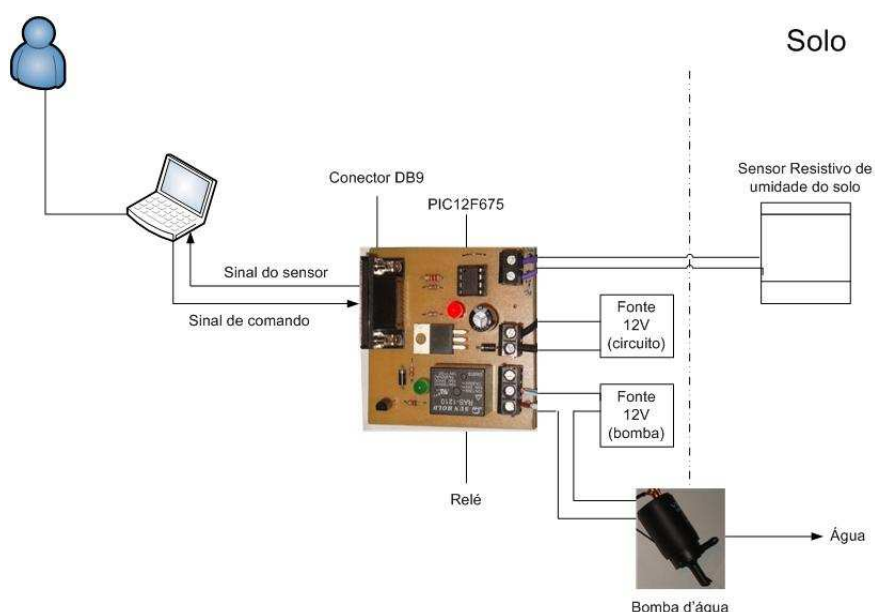


Figura 3.1 – Visão Geral do projeto

Com o esquema do circuito elaborado, o próximo passo foi desenhar o circuito através do programa Proteus 6, conforme visualizado na figura 3.2. Esse desenho serviu de base para a montagem do circuito do projeto.

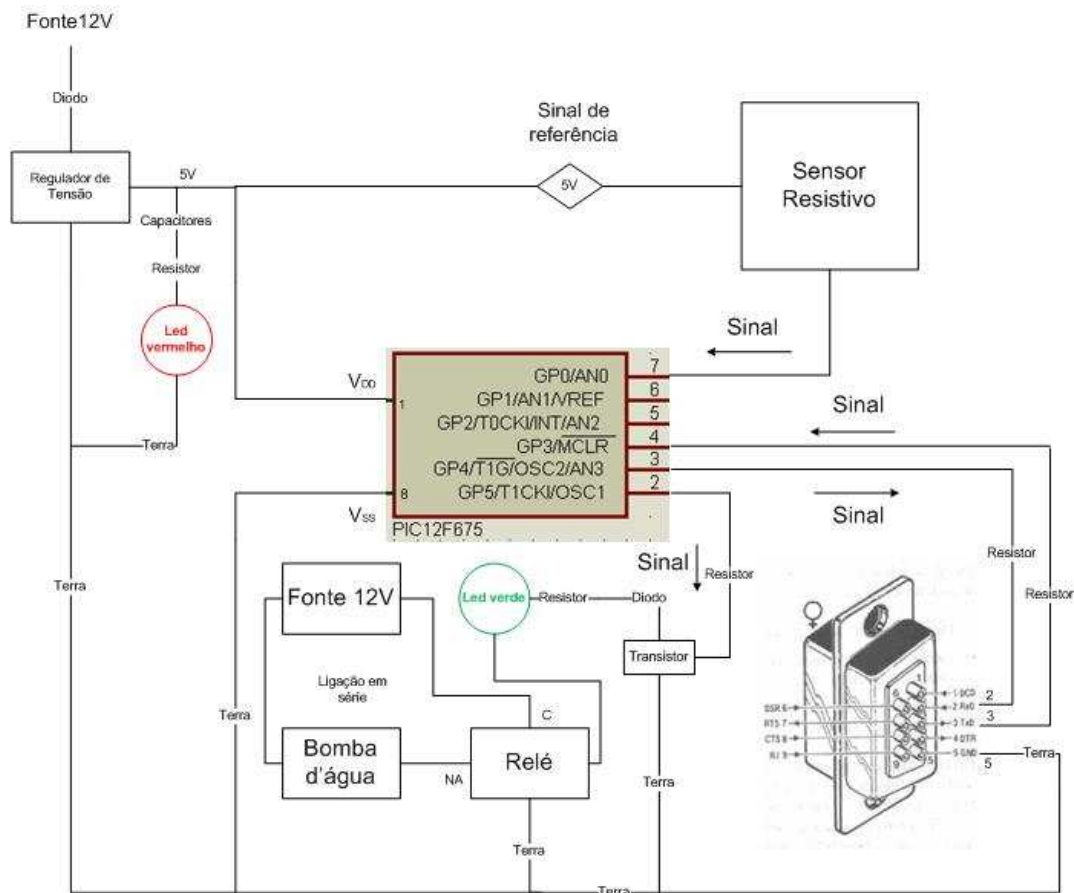


Figura 3.2 - Diagrama Esquemático do circuito

Em paralelo à definição do circuito, houve a implementação do software básico, em linguagem BASIC, e esse programa foi gravado no microcontrolador PIC12F675 através do gravador e depurador ACE USB. Além disso, o programa de comando no PC, em linguagem DELPHI, também começou a ser desenvolvido. Assim, o software do microcontrolador foi implementado com as funções de receber e transmitir sinais nos pinos do PIC e o programa de interface no PC deverá, basicamente, receber um sinal através da porta serial, efetuar as comparações necessárias e enviar um sinal de comando para a mesma porta, onde estará conectado o circuito do sistema.

3.2 – Definição de componentes

3.2.1 – Microcontrolador PIC12F675

São características do PIC12F675:

- Baixo Custo
- Compacto, com oito pinos apenas, possui conversor A/D interno de 10 bits de resolução;
- Tem 13 bits de contador de programa capaz de endereçar 8K x 14 de espaço de memória de programa.

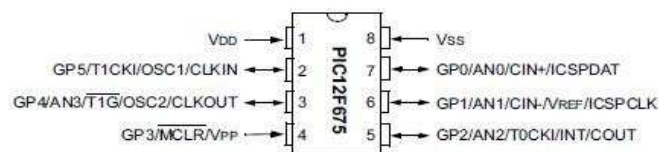


Figura 3.3 - PIC12F675

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/41190c.pdf>

Descrição da utilização dos pinos³ do PIC12F675 para esse projeto:

1. V_{DD}
 - Entrada de tensão de 5 V
2. GP5
 - Saída do sinal do PIC para o relé
3. GP4
 - Saída dos dados do PIC para o computador
 - Ligado ao pino 2 (Rx) do conector DB9
4. GP3
 - Entrada da informação recebida pelo computador;
 - Ligado ao pino 3 (Tx) do conector DB9.

³ Dados disponíveis em: "<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/41190c.pdf>". Acessado em 24/02/2010.

- 5. GP2
 - Não foi utilizado nesse projeto.
- 6. GP1
 - Não foi utilizado nesse projeto.
- 7. GP0
 - Entrada do sinal do sensor resistivo para o PIC
- 8. Vss
 - Ligado ao terra.

3.2.2 - Bomba automotiva de dispositivo limpador de pára-brisa

- Responsável pelo fluxo de água no sistema;
- Possui uma saída de 12 V;
- Vazão $\geq 28 \text{ ml/s}$ ($=0,028 \text{ m}^3/\text{s}$);
- Ruído $\geq 18000 \text{ rpm}$;
- Pressão $\geq 2 \text{ Kgf/m}^2$ ($=19,613 \text{ N/m}^2$);
- Potência hidráulica $\geq \text{pressão} \times \text{vazão}$. Portanto, a potência é igual a $19,613 \times 0,028 \geq 0,54917 \text{ W}$.



Figura 3.4 - Bomba d'água automotiva

3.2.3 - Relé 12 V/160 mA

Responsável por fechar ou abrir contato do circuito em série com a fonte de 12 V e a bomba d'água. Com isso, permite ou não a passagem de corrente elétrica para a bomba.

- Está conectado ao circuito com o pino NA (normalmente aberto) ligado à fonte de 12 V e o pino C (comum) conectado à bomba d'água;
- Com a passagem de corrente, o circuito é fechado.

3.2.4 - Gravador e depurador ACE USB

- Utilizado para a gravação do programa em BASIC na memória de programa do PIC12F675;
- Conectado à porta USB do computador;
- O software utilizado pelo gravador é o PICKit 2 da Microchip.

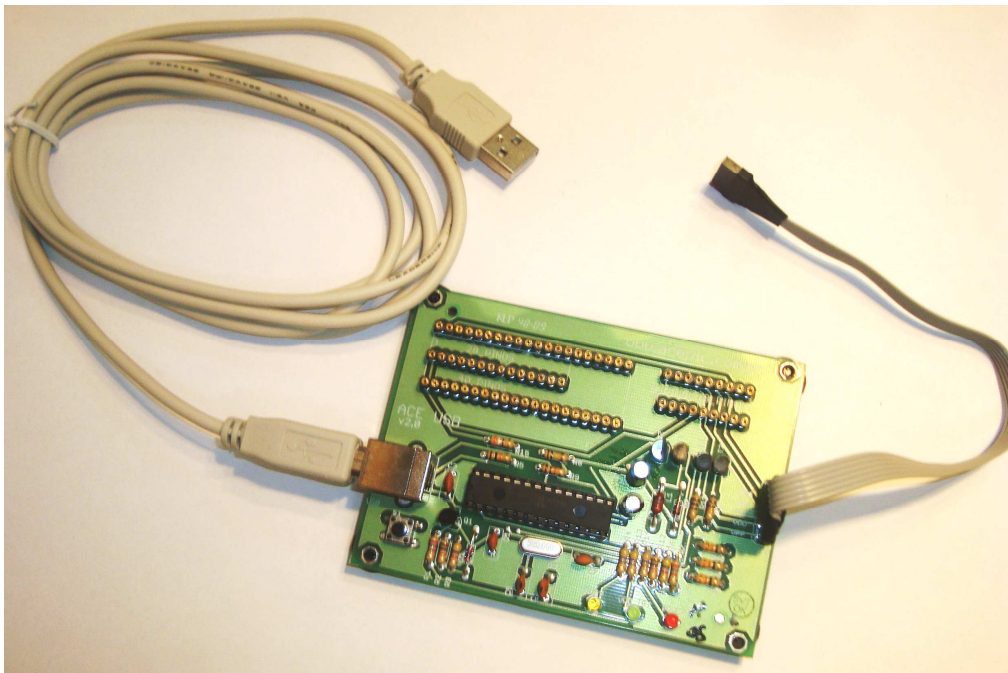


Figura 3.5 - Gravador e depurador ACE USB

3.2.5 - Capacitores, Resistores e Transistor

Capacitores⁴:

- São utilizados capacitores de 100 μ F e 1 μ F;
- Os capacitores são dispositivos que permitem armazenar cargas elétricas por um período mesmo com o corte de alimentação do circuito;
- A característica mais comum dos capacitores é retificar e estabilizar a corrente elétrica. Com isso, protege os dispositivos do circuito contra danos causados por variações de corrente.

Resistores:

- São utilizados resistores 1 k, 10 k, 22 k e 470 R;
- A função principal dos resistores nesse projeto é limitar a corrente elétrica.

Transistor:

- É utilizado um transistor BC548
 - Corrente Máxima de Coletor: 100 mA;
 - Dissipa 500 mW de energia;
 - Gera ruído;
 - Utilizado nesse projeto para amplificar a corrente dentro do circuito de corrente contínua.

3.2.6 - Diodo e Regulador de Tensão

Diodo Retificador⁵:

- É utilizado um diodo 1N4007
 - Retifica a corrente elétrica permitindo a passagem do fluxo em apenas uma direção;
 - Utilizado nesse projeto para proteger o circuito contra a reversão de polaridade.

⁴ Dados disponíveis em: "<http://www.guiadohardware.net/termos/capacitor-ou-condensador>". Acessado em 26/02/2010.

⁵ Dados disponíveis em: "<http://physika.info/physika/documents/diodos.pdf>". Acessado em 24/02/2010.

Regulador de Tensão:

- É utilizado um regulador de tensão 7805⁶
 - Nesse trabalho foi utilizado para converter a tensão de entrada de 12 V para 5 V, estabilizada;
 - Como pode ser visualizado na figura 3.6, o pino 1 é a tensão de entrada, o pino 2 é o comum (conectado ao terra) e o pino 3 é a tensão de saída.

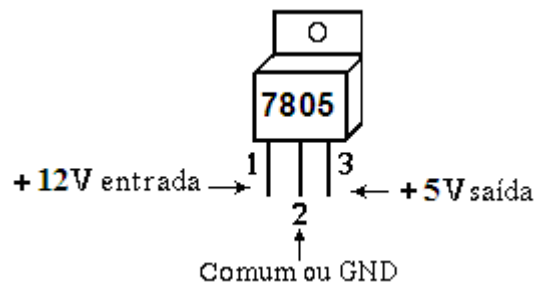


Figura 3.6 - Regulador de Tensão 7805

<http://ivairijs.vilabol.uol.com.br/regulador1.html>

3.2.7 - Conector DB9 e cabo de conexão serial/USB

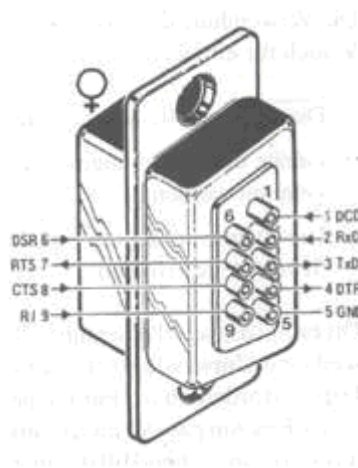


Figura 3.7 - Conector DB9

<http://www2.eletronica.org/artigos/eletronica-digital/padrao-serial-rs-232>

⁶ Dados disponíveis em: "<http://ivairijs.vilabol.uol.com.br/regulador1.html>". Acessado em 25/02/2010.

No conector DB9 foram utilizados os pinos 2, 3 e 5:

- Pino 2: RxD Received Data [DCE → DTE]
 - Conectado ao pino 3 do PIC;
 - Responsável por receber o sinal encaminhado pelo programa do PIC.
- TxD Transmitted Data [DTE → DTE]
 - Conectado ao pino 4 do PIC;
 - Responsável por enviar o sinal do computador ao PIC.
- GND
 - Conectado ao terra.

O cabo de conexão serial/USB:

- Responsável por conectar a interface serial do circuito à porta USB do computador;
 - Como a comunicação do sistema é efetuada via porta serial, houve a necessidade de configuração da porta USB para ser reconhecida como porta COM. Assim, a configuração foi permitida através do Gerenciador de Dispositivos do Windows.

3.2.8 - Led's

No projeto são utilizados dois led's, um vermelho (5V) para indicar a alimentação do circuito e outro verde (5V) para indicar a ativação da bomba d'água.

Geralmente, um LED⁷ necessita de uma intensidade de corrente equivalente a 10 mA (0,01 A) e, quando aceso, causa uma diminuição de tensão no valor de 2 V. Com isso, haja vista que a fonte de tensão do projeto fornece 12V, temos que $12\text{ V} - 2\text{ V} = 10\text{ V}$. Assim, a tensão que o led suporta é igual a 10 V.

⁷ Dados disponíveis em: "http://www.feiradeciencias.com.br/sala12/12_T02.asp". Acessado em 26/02/2010".

Portanto, para efetuar o cálculo da resistência adequada, utiliza-se a fórmula 3.1:

$$R = \frac{U}{i} \quad (3.1)$$

$$\text{Então, } R = \frac{10V}{0,01A} = 1000 \text{ ohms (1K).}$$

Com isso, concluiu-se que para um tensão de 12 V, é indicada a utilização de um resistor de 1k ligado em série ao led.

3.2.9 - Fontes de 12V – 800mA (corrente contínua)

Foram utilizadas duas fontes de 12 V.

- Uma para fornecer energia ao circuito;
- A outra para fornecer energia à bomba d'água;

3.2.10 - Sensor resistivo de umidade do solo

Características do sensor:

- Composto por uma placa fenolite com circuito em cobre impresso;
- Pontos extremos do circuito:
 - O primeiro está conectado ao sinal de referência (5V);
 - O segundo está interligado ao pino 7 do PIC12F675.
- Com a medida da diferença de potencial entre os pontos extremos do circuito dá-se a vinculação, via software, entre tensão (convertida em bits) e a umidade do solo;
- Desenvolvido pela empresa I/O Robotics.
 - A empresa não forneceu especificações técnicas;
 - Experimentalmente, sua aplicabilidade limita-se a pequenas áreas (em torno de 3 m²) e sua medição é estabelecida pelo contato direto com o solo úmido/seco.



Figura 3.8 - Sensor Resistivo de Umidade do Solo

O sensor resistivo é baseado na mudança de impedância. Sendo essa a relação entre a diferença de potencial entre os dois pontos do circuito na placa impressa e a corrente elétrica resultante desse circuito.

A impedância é expressa por um número complexo e possui sua parte real equivalente à resistência. Além disso, a unidade de medida da impedância é expressa em ohms.

A mudança de impedância é uma relação exponencial inversa à umidade. Assim, quanto maior a umidade do solo, maior a tensão de saída e menor a resistência. Nesse caso, o circuito do sensor utilizado deve estar totalmente em contato com o solo. Assim, caso o solo esteja totalmente úmido, o valor de tensão de saída tenderá a se aproximar de 5V (tensão de referência) e para os solos secos, o valor da tensão se aproximará a zero. Portanto, essa tensão de saída é encaminhada ao conversor A/D do PIC para ser convertida em bits e utilizada pelos programas do sistema.

3.3 – Desenvolvimento do software

O primeiro procedimento a ser executado foi definir a linguagem de programação a ser utilizada e a estrutura do software. Assim, foi estabelecida uma estrutura básica que norteou o desenvolvimento de todo o programa.

Após a definição da estrutura básica do programa, foram desenvolvidas as funções que seriam utilizadas na comunicação do PIC12F675 com os demais equipamentos. Com isso, buscou-se a forma mais prática de implementação para transmissão e recepção dos sinais comandos, utilizando o conversor interno no momento de envio ou recepção dos sinais.

Na implementação do software do sistema foram definidas duas frentes de trabalho. A primeira foi responsável pela distribuição do sinal dentro do microcontrolador, desenvolvida em linguagem BASIC. A segunda foi desenvolvida em DELPHI e trata-se da interface do usuário. Além disso, este software em DELPHI controla todos os comandos e realiza as comparações necessárias.

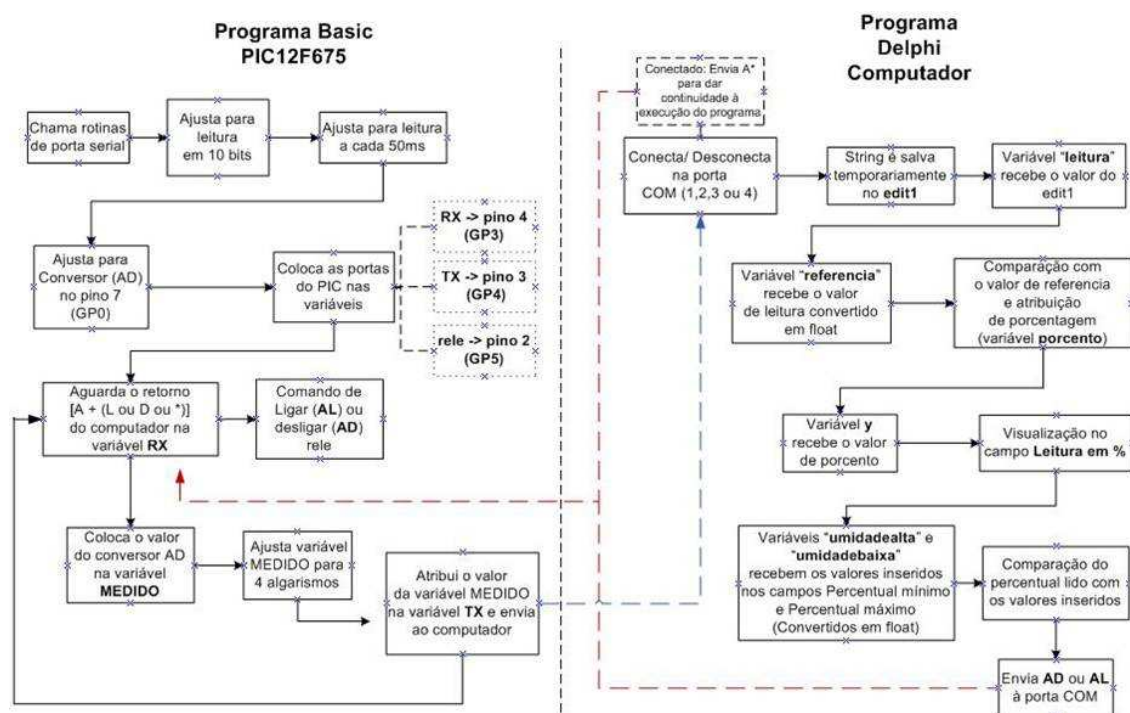


Figura 3.9 – Fluxo de execução dos programas do sistema

Com isso, o desenvolvimento dos programas citados seguiu a seguinte estratégia:

1º Definição da linguagem a ser utilizada

- ❖ Optou-se pela utilização de duas linguagens de programação: BASIC para o microcontrolador e DELPHI para o computador.
- ❖ Vantagens⁸ que auxiliaram na decisão da escolha da linguagem BASIC para programar o PIC:
 - ✓ Facilidade no aprendizado e na utilização;
 - ✓ O código produzido em um compilador BASIC terá sua execução mais rápida do que um compilador C;
 - ✓ Dependendo do compilador, já existem muitas funções previamente construídas;
 - ✓ Na programação de microcontroladores essa linguagem é bastante popular e, com isso, há um vasto material de pesquisa.

2º Desenvolvimento do programa do PIC

- ❖ A implementação do software, em linguagem BASIC, foi efetuada através do Bloco de Notas e compilado por meio do PICBASIC em ambiente DOS. Primeiramente, foi definida a estrutura básica do programa e, em seguida, foram desenvolvidas as funções de referência dos “objetos”.
- ❖ Características⁹ do compilador PICBASIC:
 - ✓ Agilidade e facilidade em relação à linguagem "C" ou Assembler;
 - ✓ Suporta a programação do microcontrolador PIC12F675;
 - ✓ Possui tanto versão para ambiente DOS como para Windows;
 - ✓ Compatibilidade com a maioria dos programadores de PIC's.

⁸ Dados disponíveis em: “<http://www.compute-rs.com/pt/conselho-304654.htm>”. Acessado em 01/03/2010.

⁹ Dados disponíveis em: “http://www.aliatron.com/parallax/fol_microe.pdf”. Acessado em 01/03/2010.

- ❖ O programa do PIC é o responsável por receber o sinal do conversor A/D (do pino 7 do PIC) a cada 50 ms e encaminhá-lo ao pino 3, para que seja tratado pelo software de interface do usuário (programa do computador). Em seguida, o software do PIC permanece no aguardo do envio do dado em ASC pelo programa de interface através do pino 4 do PIC. Assim são recebidos os dados em ASC iguais a: AL – liga bomba, AD – desliga bomba, A* - não envia nenhum comando ao relé. Após o dado ser recebido, comando é enviado ao pino 2 para ligar ou desligar o relé que está ligado em série à bomba d'água e a uma fonte de 12 V. Assim, o circuito em série entre relé, bomba e fonte é fechado ou aberto;
- ❖ No momento em que foi concluída a implementação do código, o arquivo foi salvo em extensão “.bas” e movido ao diretório onde está o arquivo “pbp.exe”. Em seguida o código foi compilado por meio do Prompt do DOS, através do comando: “PBP -p12f675 ‘nome do arquivo (sem a extensão)’ ” ;
- ❖ Após a compilação do código, além do arquivo em extensão “.bas”, foi gerado outro arquivo (com extensão .hex) contendo o código hexadecimal para gravação na memória de programa do PIC12F675.

3º Gravação do PIC

- ❖ Foi utilizado o gravador ACE USB;
- ❖ O programa de interface do ACE USB é o PICKit 2 da Microchip, conforme figura 3.10;

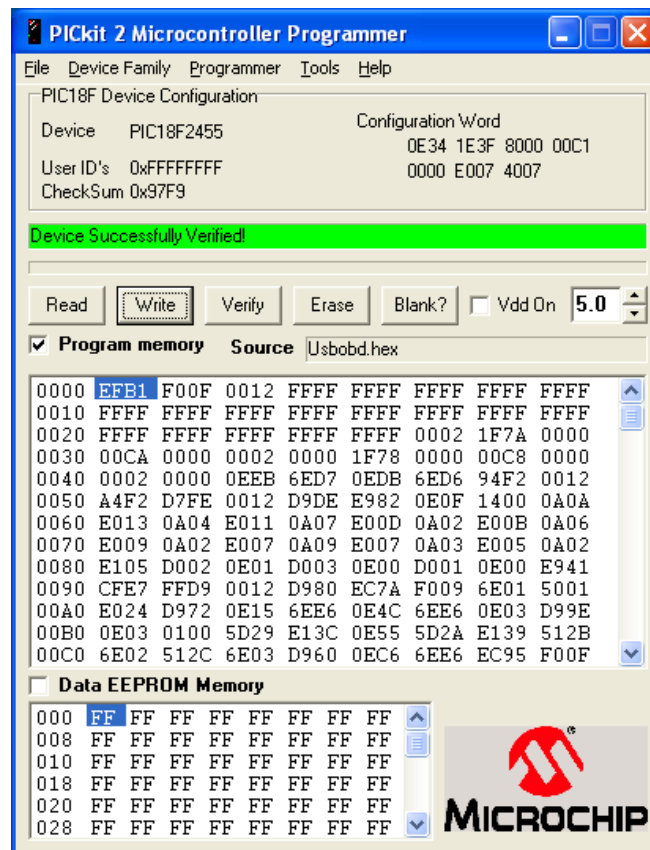


Figura 3.10 - Exemplo da interface do PICkit 2

<http://www.obddiag.net/images/pickit2soft.png>

4º Desenvolvimento do programa do computador:

- ❖ A construção do programa, em linguagem DELPHI, foi executada com o apoio do compilador DELPHI 5;
- ❖ Foram utilizados recursos gráficos de programação para apoio ao desenvolvimento do código em DELPHI (arquivo com extensão “.dpr”);
- ❖ Houve a necessidade de instalação da componente TCON PORT para viabilizar a utilização da porta serial do computador;\
 - ✓ A instalação foi efetuada através da seguinte ordem de execução:
 1. Ativação do compilador DELPHI 5
 2. Opção: Component
 3. Botão: Browse (título: Package file name)
 4. Pasta: lib
 5. Pasta: Tcomport
 6. Arquivo: CPort.pas

- ❖ Após ser efetuada a compilação do código, foi gerado, dentre outros arquivos, um arquivo executável (extensão “.exe”) pronto para funcionamento do sistema.
- ❖ O padrão do intervalo de percentual de umidade do solo definido pelo programa de interface é igual a 50% para a taxa de umidade mínima e de 70% para a máxima. O usuário poderá alterar esses valores de acordo com sua necessidade.
- ❖ O usuário terá, a partir da interface criada, a disponibilidade controle do sistema por meio:
 - ✓ Da visualização do valor do sinal original lido no sensor resistivo por meio do campo: “Valor lido”.
 - Sinal recebido pelo microcontrolador PIC12F675 e enviado ao computador via porta serial.
 - ✓ Da visualização da umidade medida pelo sensor resistivo através do campo: “Leitura em %”.
 - Esse programa recebe o dado do software do PIC e possibilita a visualização do valor obtido pelo sensor. Contudo, quando não é necessário o envio de comando para ativar/desativa a bomba, o sistema encaminha ao PIC uma informação em ASC igual a A*, apenas para dar continuidade ao processo de recepção e envio dos sinais;
 - O percentual de umidade do solo é disponibilizado através da conversão do número decimal, encaminhado pelo BASIC, em porcentagem de umidade;
 - Primeiramente o cálculo da porcentagem foi efetuado a partir da divisão de 100 (representando cem por cento) por 1024 (indica o número máximo em decimal, obtido de um conversor A/D de 10 bits). Em seguida, o resultado da divisão (valor = 0,09765625) é multiplicado pelo valor decimal recebido pelo programa BASIC. Assim, durante os testes com um potenciômetro, simulando o sensor, avaliou-se o resultado da vinculação entre os bits e a porcentagem de umidade do solo. Estes testes foram realizados com sucesso.
 - Após a realização dos testes finais com o sensor resistivo de umidade do solo, foi verificado que o mesmo não apresenta um padrão linear para a medida de umidade do solo. Com isso, foi

necessária a adaptação do sistema de acordo com os valores experimentais emitidos pelo sensor para diferentes níveis de umidade do solo. Assim, foram estabelecidos percentuais de umidade do solo de acordo com esses diferentes níveis de umidade visualizados durante os testes.

- Assim, foram vinculados os valores lidos no sensor aos percentuais de umidade como: 100%, 90%, 70%, 60%, 50%, 30%, 20% e 0%.
- ✓ Da viabilidade de definição pelo usuário dos valores de percentual mínimo e máximo de umidade do solo;
 - A partir desses valores o sistema realizará as comparações com o percentual de umidade atual e enviará comando acionando ou desligando a bomba d'água;
 - Caso a umidade atinja um valor menor ou igual ao definido no campo “Percentual mínimo”, o programa envia um comando para ligar a bomba.
 - Caso a umidade atinja um valor maior ou igual ao estabelecido no campo “Percentual máximo”, o software encaminha um comando para desligar a bomba d'água.
 - Se a umidade estiver dentro da faixa de valores compreendida entre percentual de Umidade Baixa e Umidade Alta, o sistema não envia qualquer comando, permanecendo o sistema inalterado.
- ✓ Do controle da conexão com a porta serial desejada;
 - Na aba referente à Porta COM, há a possibilidade de alteração, por parte do usuário, da porta serial de conexão do computador com o circuito do PIC;
 - A porta COM default é a COM2;
 - Através do botão: “Iniciar Conexão” a conexão com o circuito do PIC é estabelecida ou cessada.
- ✓ A tabela ASC II foi utilizada para o fluxo dos dados entre os programas BASIC e DELPHI e dispositivos físicos.

Tabela 1 - Tabela ASC II – caracteres imprimíveis

Binário	Decimal	Hexa	ASC II
0010 0000	32	20	
0010 0001	33	21	!
0010 0010	34	22	"
0010 0011	35	23	#
0010 0100	36	24	\$
0010 0101	37	25	%
0010 0110	38	26	&
0010 0111	39	27	'
0010 1000	40	28	(
0010 1001	41	29)
0010 1010	42	2A	*
0010 1011	43	2B	+
0010 1100	44	2C	,
0010 1101	45	2D	-
0010 1110	46	2E	.
0010 1111	47	2F	/
0011 0000	48	30	0
0011 0001	49	31	1
0011 0010	50	32	2
0011 0011	51	33	3
0011 0100	52	34	4
0011 0101	53	35	5
0011 0110	54	36	6
0011 0111	55	37	7
0011 1000	56	38	8
0011 1001	57	39	9
0011 1010	58	3A	:
0011 1011	59	3B	;
0011 1100	60	3C	<
0011 1101	61	3D	=
0011 1110	62	3E	>
0011 1111	63	3F	?
0100 0000	64	40	@
0100 0001	65	41	A
0100 0010	66	42	B
0100 0011	67	43	C
0100 0100	68	44	D
0100 0101	69	45	E
0100 0110	70	46	F
0100 0111	71	47	G
0100 1000	72	48	H
0100 1001	73	49	I

Binário	Decimal	Hexa	ASC II
0100 1010	74	4A	J
0100 1011	75	4B	K
0100 1100	76	4C	L
0100 1101	77	4D	M
0100 1110	78	4E	N
0100 1111	79	4F	O
0101 0000	80	50	P
0101 0001	81	51	Q
0101 0010	82	52	R
0101 0011	83	53	S
0101 0100	84	54	T
0101 0101	85	55	U
0101 0110	86	56	V
0101 0111	87	57	W
0101 1000	88	58	X
0101 1001	89	59	Y
0101 1010	90	5A	Z
0101 1011	91	5B	[
0101 1100	92	5C	\
0101 1101	93	5D]
0101 1110	94	5E	^
0101 1111	95	5F	_
0110 0000	96	60	`
0110 0001	97	61	a
0110 0010	98	62	b
0110 0011	99	63	c
0110 0100	100	64	d
0110 0101	101	65	e
0110 0110	102	66	f
0110 0111	103	67	g
0110 1000	104	68	h
0110 1001	105	69	i
0110 1010	106	6A	j
0110 1011	107	6B	k
0110 1100	108	6C	l
0110 1101	109	6D	m
0110 1110	110	6E	n
0110 1111	111	6F	o
0111 0000	112	70	p
0111 0001	113	71	q
0111 0010	114	72	r
0111 0011	115	73	s
0111 0100	116	74	t

Binário	Decimal	Hexa	ASC II
0111 0101	117	75	u
0111 0110	118	76	v
0111 0111	119	77	w
0111 1000	120	78	x
0111 1001	121	79	y
0111 1010	122	7A	z
0111 1011	123	7B	{
0111 1100	124	7C	
0111 1101	125	7D	}
0111 1110	126	7E	~

Fonte: <http://www.tabelaascii.com/>

Tabela 2 - Tabela ASC II – caracteres de controle

Binário	Decimal	Hexa	Abreviatura	Descrição
0000 0000	00	00	NUL	<i>Null</i> - Nulo
0000 0001	01	01	SOH	<i>Start of Header</i> - Início do cabeçalho
0000 0010	02	02	STX	<i>Start of Text</i> - Início do texto
0000 0011	03	03	ETX	<i>End of Text</i> - Fim do texto
0000 0100	04	04	EOT	<i>End of Tape</i> - Fim de fita
0000 0101	05	05	ENQ	<i>Enquire</i> - Interroga identidade do terminal
0000 0110	06	06	ACK	<i>Acknowledge</i> - Reconhecimento
0000 0111	07	07	BEL	<i>Bell</i> - Campainha
0000 1000	08	08	BS	<i>Back-space</i> - Espaço atrás
0000 1001	09	09	HT	<i>Horizontal Tabulation</i> - Tabulação horizontal
0000 1010	10	0A	LF	<i>Line-Feed</i> - Alimenta linha
0000 1011	11	0B	VT	<i>Vertical Tabulation</i> - Tabulação vertical
0000 1100	12	0C	FF	<i>Form-Feed</i> - Alimenta formulário
0000 1101	13	0D	CR	<i>Carriage-Return</i> - (enter)
0000 1110	14	0E	SO	<i>Shift-Out</i> - Saída do <i>shift</i> (passa a usar caracteres de baixo da tecla - minúsculas, etc.)
0000 1111	15	0F	SI	<i>Shift-In</i> - Entrada no <i>shift</i> (passa a usar caracteres de cima da tecla: maiúsculas, caracteres especiais, etc.)

0001 0000	16	10	DLE	Data-Link Escape
0001 0001	17	11	DC1	Device-Control 1
0001 0010	18	12	DC2	Device-Control 2
0001 0011	19	13	DC3	Device-Control 3
0001 0100	20	14	DC4	Device-Control 4
0001 0101	21	15	NAK	<i>Neg-Acknowledge</i> - Não-reconhecimento
0001 0110	22	16	SYN	Synchronous Idle
0001 0111	23	17	ETB	End-of-Transmission Block
0001 1000	24	18	CAN	Cancel
0001 1001	25	19	EM	End-Of-Medium
0001 1010	26	1A	SUB	Substitute
0001 1011	27	1B	ESC	Escape
0001 1100	28	1C	FS	File Separator
0001 1101	29	1D	GS	Group Separator
0001 1110	30	1E	RS	Record Separator
0001 1111	31	1F	US	Unit Separator
0111 1111	127	7F	DEL	Delete

Fonte: <http://www.tabelaascii.com/>

3.4 – Implementação do hardware

Em paralelo ao desenvolvimento do software de controle da umidade do solo, foi implementado o circuito de interface entre microcomputador, o dispositivo limpador de pára-brisas e sensor resistivo de umidade do solo.

Primeiramente, foi efetivado um esboço do circuito a ser implantado para envio dos sinais de recepção do sinal do sensor e de envio de sinal de controle ao limpador de pára-brisa. Assim, foi possível definir os dispositivos necessários para a configuração do circuito.

Após a verificação dos equipamentos necessários, o circuito implementado em uma placa de fenolite face simples de 30 x 30cm. Assim, o desenho do layout do circuito foi efetuado através uma caneta retroprojetora e em seguida a placa foi imersa em ácido perclorato de sódio. Após dez minutos a placa foi retirada e lavada com água. Posteriormente, a tinta da caneta retroprojetora foi retirada com tiner e a placa foi furada

para fixação dos dispositivos. Finalmente, os equipamentos foram fixados e soldados na placa posicionados conforme ilustrado na figura 3.11.

A conexão do circuito ao microcomputador foi implementada por meio da comunicação serial (padrão RS232) com o auxílio de um conector DB9 soldado à placa e um cabo USB/Serial. Assim, na conexão a porta USB do microcomputador foi configurada como porta serial COM para que o software desenvolvido em Delphi possa reconhecer os sinais enviados pelo microcontrolador e re-encaminhar os comandos necessários.

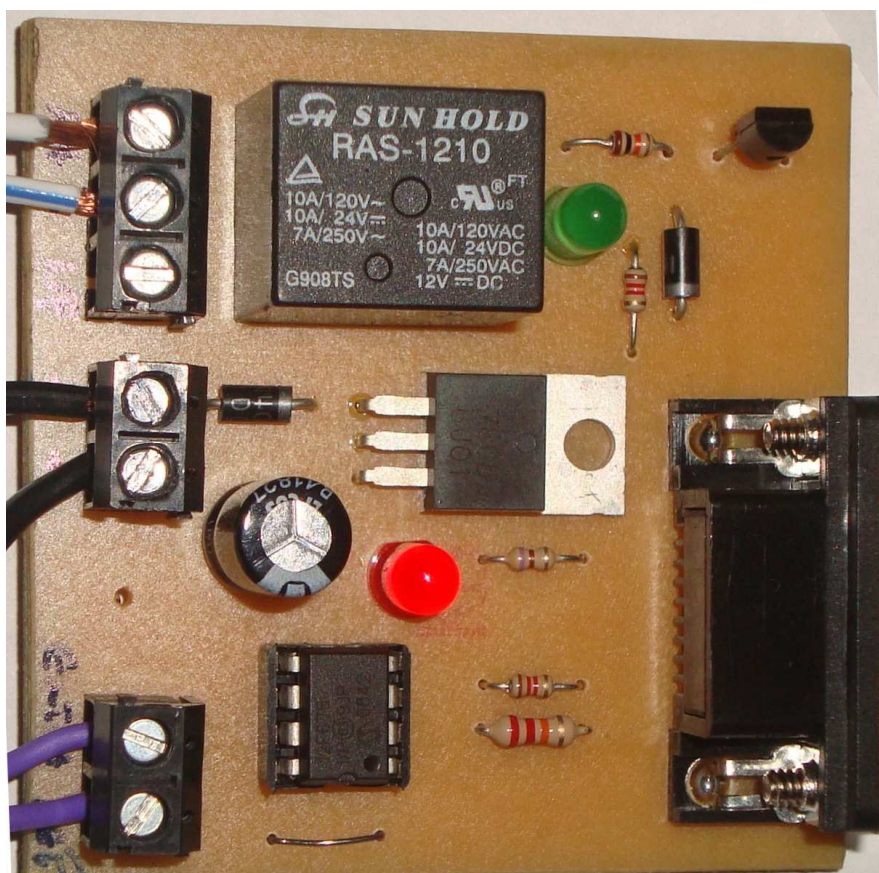


Figura 3.11 - Placa do circuito

No intuito de prover energia elétrica para a bomba d'água, foi necessária a ligação em série entre bomba, relé e fonte de 12 V, conforme demonstrado na figura 3.12 .

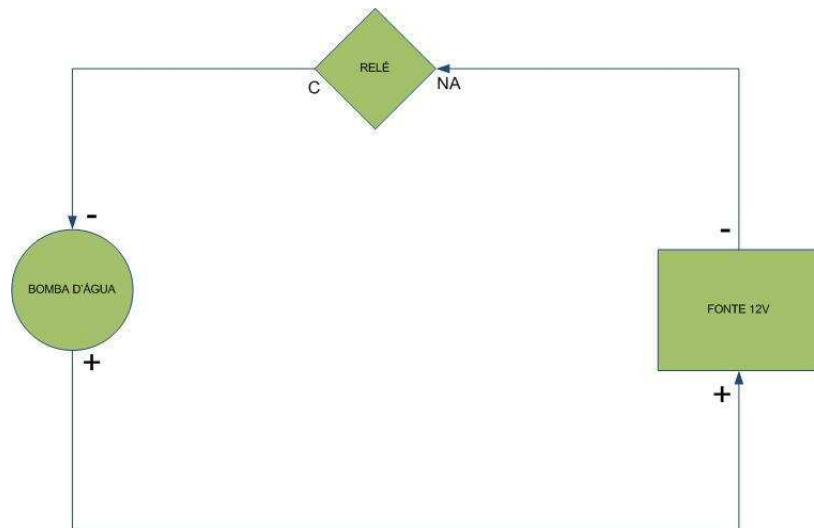


Figura 3.12 - Ligação em série entre bomba d'água, relé e fonte de 12 V

3.5 - Protocolo RS232

Esse padrão também é conhecido por EIA RS-232C ou V.24 e continua a ser utilizado em conexões seriais devido a sua simplicidade e confiabilidade³.

Nesse caso os bits são enviados um a um, em sequência. Como se trata de um protocolo assíncrono, o tempo é controlado pelo emissor e pelo receptor para estabelecer o início ou fim de cada bit.

O RTS (*ready to send*) e o CTS (*clear to send*) são sinais de controle utilizados pelo RS232 para controle do fluxo através do hardware. Assim, no momento em que o transmissor necessita enviar algum dado, ele indica através do RTS. Em seguida, o receptor identifica que o transmissor deseja enviar alguma informação e seta o pino CTS para receber o dado. Portanto, a informação apenas é transmitida após o emissor receber o sinal CTS.

Em cada byte transmitido existem bits de start e stop, conforme visualizado na figura 3.13.

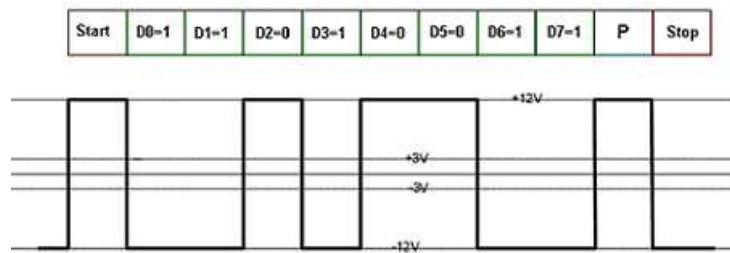


Figura 3.13 - Bits de start e stop

<http://www2.eletronica.org/artigos/eletronica-digital/padrao-serial-rs-232>

Geralmente, nos microncontroladores atuais, o controle do fluxo de bits é efetuado pela UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter).

Características da interface RS232:

- Nível lógico 1: tensão entre -3V e -12V;
- Nível lógico 0: tensão entre 3V e 12V;
- Tensões entre -3V e +3V devem ser evitados por serem indefinidas.

Dentre os conectores padrões que utilizam o padrão de comunicação serial RS232, o utilizado nesse projeto foi o DB9.

Esse padrão tem como qualidade principal a boa capacidade de imunidade à ruídos. Contudo, o RS232 é recomendado para aplicações de pequeno alcance¹⁰.

3.6 – Testes de validação

Inicialmente foram conectados todos os equipamentos e testada a comunicação entre os dispositivos, conforme a seqüência de ações abaixo:

1º Conexão de todos os equipamentos

- Placa do circuito conectada ao computador;
- Fontes de 12 V conectadas à placa do circuito e ligada à tomada (220 V);
- Led vermelho acesso indicando a passagem de corrente na placa do circuito;
- Computador ligado à tomada (220 V).

¹⁰ Dados disponíveis em: “<http://www2.eletronica.org/artigos/eletronica-digital/padrao-serial-rs-232>”. Acessado em 24/02/2010.

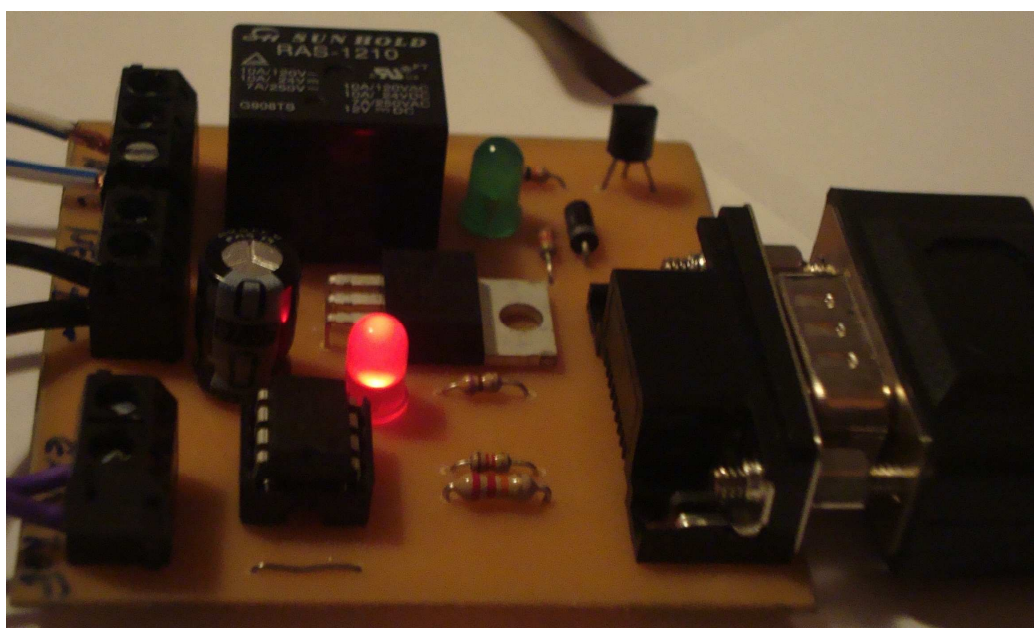


Figura 3.14 - Placa do circuito alimentada

2º Ativação do software de controle de umidade do solo instalado no computador;

- Duplo-click no arquivo teste1.exe

3º Conexão do aplicativo de controle à porta serial COM2 como padrão, conforme figura 3.15;

- Clique simples no botão CONECTAR AO EQUIPAMENTO DE CONTROLE

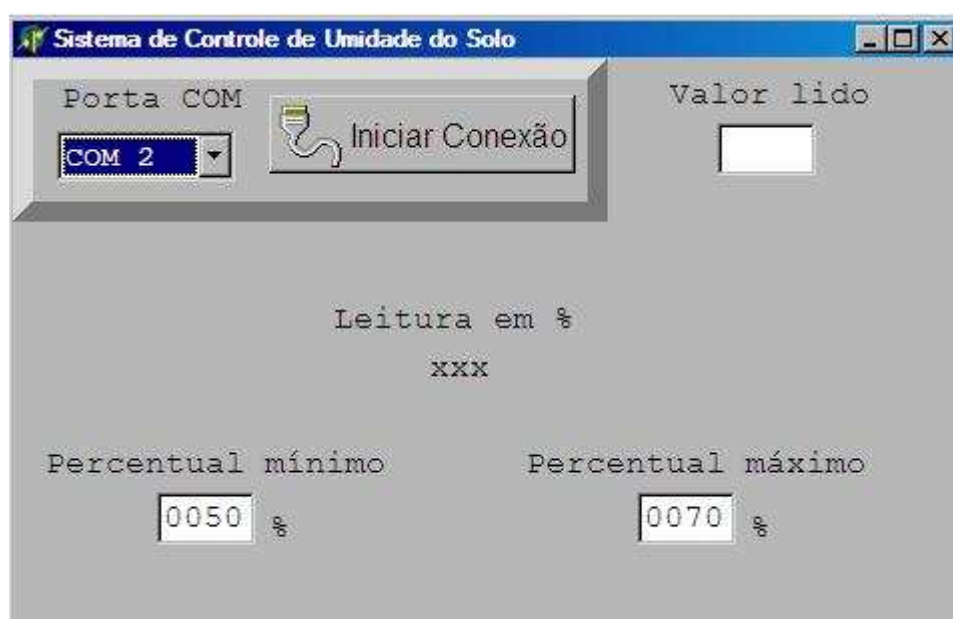


Figura 3.15 - Interface do usuário

4º Verificado através do campo: “Valor Lido”.

- Nesse campo foi possível verificar que a comunicação do computador com a placa do circuito estava ativa, pois como foram apresentados valores variando de acordo com o tempo, concluiu-se que houve envio de sinal do microcontrolador ao computador.

Em seguida, foi necessário o teste do correto funcionamento do sistema. Assim, foi avaliado o comportamento do sistema através da variação da tensão enviada ao circuito por meio do uso de um potenciômetro simulando um sensor resistivo de umidade do solo. Nesse momento, validou-se o comportamento do sistema com a variação da tensão, simulando a variação da umidade do solo, haja vista que na medida em que houve a variação da potencia fora dos parâmetros estabelecidos no software, o programa enviou comando para ativar ou desativar a bomba de água.

Assim, o sistema fechou ou abriu o circuito entre o relé e a fonte. Permitindo assim, que a bomba seja ativada ou desativada. Além disso, foi verificada que o led verde, que indica o acionamento da bomba, foi ativado corretamente.

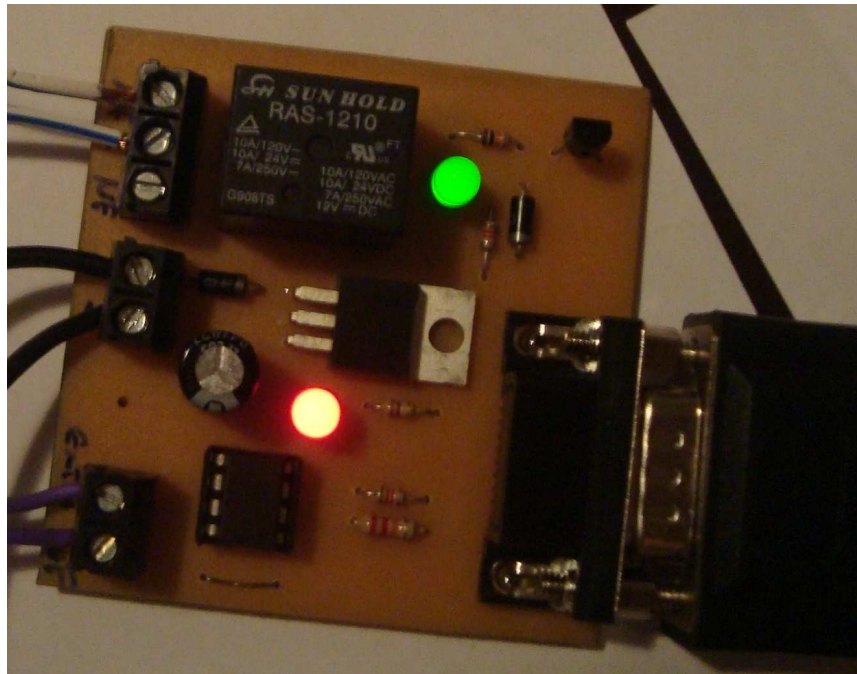


Figura 3.16 - Placa do circuito alimentada e com a bomba d'água ativa

CAPÍTULO 4 – APLICAÇÃO DO PROJETO COM RESULTADOS

O sistema caracteriza-se por seu baixo custo de implantação, sua simplicidade de utilização e seu desempenho restrito a pequenas áreas de solo. Com isso, após a fase de desenvolvimento do projeto, confirmamos que todos os passos do sistema foram corretamente aplicados.

Assim, a evolução da ativação do sistema obedece à seguinte ordem:

1. Conectar a placa do circuito ao computador;
2. Ligar a alimentação do circuito (fonte de 12 V);
3. Iniciar o programa de interface do sistema;
 - ✓ Apenas com duplo-click no arquivo de extensão “.exe”;
4. Definição do percentual mínimo e máximo de umidade do solo tolerável;
5. Clicar no botão Iniciar Conexão;
6. Verificação do percentual da umidade atual através do campo: “Leitura em %”;

4.1 – Definições do sistema

4.1.1 – Funcionamento do software do PIC

Esse programa está salvo na memória de programa do PIC12F675 e ele é configurado para distribuir os sinais nos pinos do microcontrolador. Com isso, ele inicialmente ajusta o conversor para a porta GP0 do PIC. Em seguida, o valor medido a cada 50 ms é salvo em uma variável TX que por sua vez é atribuída à porta GP4 (pino 3) do microcontrolador. As outras variáveis, RX e rele, são definidas para as portas GP3 e GP5, respectivamente.

Contudo, para que o dado seja emitido pela porta GP0, ele é anteriormente adaptado ao número de “espaços” padrão esperado pelo programa de interface do computador.

Assim, o software envia os dados do PIC ao computador e aguarda o retorno da informação de controle. E dependendo da informação repassada, o sistema envia um sinal de 0 ou 1 à porta GP5 do PIC para ativar ou desativar o relé.

4.1.2 – Funcionamento do software do computador

Esse programa é responsável pelo controle dos comandos e comparações do sistema. Ele é configurado para comunicação serial através da porta COM do computador. Com isso, ele viabiliza a conexão do sistema a diferentes portas seriais (da COM1 a COM4) do computador, oferecendo flexibilidade de conectividade. Posteriormente são declaradas as variáveis necessárias. A “edit1.text” recebe a string lida na porta COM, atribui um valor em percentual de umidade do solo e esse valor é apresentado no campo descrito como “Leitura em %”.

Com a conexão da porta serial estabelecida, os comandos de controle são encaminhados. Assim, após a execução da comparação dos valores de percentual de umidade mínima e máxima, a porta COM recebe um sinal em ASC igual a AL, AD ou A*.

- AL: comando para acionar o relé;
- AD: comando para desativar o relé;
- A*: comando apenas para efetuar o ciclo de medição do sinal do sensor analógico, sem comandar relê. Neste caso é necessário enviar “--” para que a placa que receba o byte completo.

4.1.3 – Funcionamento do circuito

O circuito foi desenvolvido para que seja ativado um led vermelho assim que houver passagem de tensão. Nesse caso a tensão admitida são 12 V.

Além disso, há um led verde instalado no intuito de avaliar a ativação da bomba d’água. Assim, quando o circuito em série entre bomba, relé e fonte for fechado, haverá

passagem de corrente elétrica e o led verde será aceso. Portanto, o status default do relé é normalmente aberto, onde é fechado circuito apenas na presença de corrente elétrica.

O circuito é alimentado com 12 V, mas como em alguns momentos há a necessidade de 5 V de tensão, foi utilizado um regulador de tensão para adequar a tensão.

Para proteger o circuito contra a reversão de polaridade, foram instalados diodos 1N4007, para estabilizar a tensão foram utilizados capacitores e para controlar a intensidade da corrente, foram inseridos resistores.

4.1.4 - Resultados

Foi desenvolvido um recipiente com três níveis de umidade do solo: "solo seco, intermediário e totalmente úmido. Em seguida, verificou-se que os testes através da inserção do sensor resistivo em solos com diferentes níveis de umidade foram executados com sucesso, conforme visualizado na figura 4.1 e 4.2, onde a primeira contém a visão do protótipo e a segunda demonstra o fluxo de água liberado pela bomba d'água para irrigar o solo. Além disso, foram alterados os parâmetros de percentual de umidade mínima e máxima e o comportamento do sistema seguiu o objetivo proposto, ativando e desativando o fluxo de água de acordo com estes parâmetros.



Figura 4.1 – Protótipo do sistema



Figura 4.2 – Demonstração da irrigação automática do solo

Assim, os testes também incluíram a utilização de terrenos com diferentes percentuais de umidade. Assim, pode ser visualizado, através da interface do computador, a atribuição dos diferentes percentuais de umidade do solo como: 100%, 90%, 70%, 60%, 50%, 30%, 20% e 0% aos diferentes níveis de umidade do solo utilizados.

Durante esses testes, a conexão entre a placa e o computador foi efetuada através de um cabo USB/Serial que permite que em uma das pontas seja encaixada a um conector DB9 e na outra uma porta USB. Assim, utilizou-se a porta USB do computador como porta serial. Já o sensor e as fontes de 12 V foram diretamente conectados à placa do circuito.

A confirmação do funcionamento do sistema pode ser efetuada através da visualização do percentual de umidade do solo medido, conforme informado no campo: “Leitura em %” do programa do computador, da percepção da ativação/desativação do fluxo de água e acionamento/desligamento do led verde. Assim, no momento em que o percentual de umidade visualizado através do campo: “Leitura em %” esteve abaixo do valor definido no campo: “Percentual mínimo”, a bomba d’água foi ativada e só foi

desativada após o percentual de umidade ultrapassou/igualou-se ao valor definido no campo: "Percentual máximo". Nesse caso, o sistema manteve-se inalterado dentro do intervalo de percentual mínimo e máximo, conforme objetivo proposto no projeto.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO

A solução desenvolvida atende as expectativas quanto à automação do processo de irrigação de pequenos jardins. Com isso, foi possível verificar que o sistema criado permitiu o controle do desperdício de água. Além disso, o projeto oferece uma interface de fácil utilização, potencializa o desenvolvimento do jardim e proporciona comodidade ao usuário final. Assim, os objetivos propostos foram atendidos.

O equipamento desenvolvido também é uma forma barata para o uso racional do recurso hídrico dispensado na umidificação do terreno em jardins de pequeno porte, pois todos os dispositivos utilizados em seu desenvolvimento são de baixo custo. Assim, o custo de produção desse sistema foi em média de R\$ 120,00. Enfatizando que esse valor está vinculado aos elementos do circuito e seu desenvolvimento, à bomba d'água, às duas fontes de 12V, ao cabo de conexão entre o computador e o circuito e ao gravador do PIC.

5.1 - Formas recomendadas de aperfeiçoamento do sistema

Existem outras formas de implementação do mesmo dispositivo. Assim, uma forma de atribuir mobilidade ao controle do sistema, há a possibilidade de utilização de uma interface web para acessar remotamente a configuração e o controle do software instalado no computador.

Para jardins de maior porte, há a necessidade de uma bomba de maior vazão para que o fluxo de água possa ser distribuído em uma área maior e também há a possibilidade de uso de rede sem fio para a conexão entre os equipamentos.

Outra forma de aprimoramento dessa solução é o foco em aspectos determinantes para a medição da umidade do solo. Dessa forma, o tipo de solo e sua saturação deverão ser abordados, as variáveis de profundidade ideal de medição serão descritas, o relevo do solo e a distribuição dos sensores no ambiente baseada em cálculos matemáticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

THOMAZINI, Daniel e ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de, Sensores Industriais Fundamentos e Aplicações, 1ª Edição, Erica, 2005.

SILVEIRA, Paulo R. da e SANTOS, Winderson E., Automação e Controle Discreto, 6ª Edição, Erica, 2004.

FERRI, Mário Guimarães, Fisiologia Vegetal, Volume 1, Editora Pedagógica e Universitária Ltda (E.P.U) e Editora da Universidade de São Paulo (EDUSP), 1979.

REICHARDT, Klauss e TIMM, Luís Carlos, Solo, Planta e Atmosfera: Conceitos, Processos e Aplicações, 1ª Edição, Manole, 2004.

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches e SANTOS, Hilton Felício dos, Reuso de Água, 1ª Edição, Manole, 2003.

Saber Eletrônica Online, Home Page: <http://www.sabereletronica.com.br> . Acessado em Fevereiro de 2010.

Microgenios Tecnologia e Educação, Home Page: <http://www.microgenios.com.br/news/> . Acessado em Fevereiro de 2010.

Rogercom, Home Page: <http://www.rogercom.com/> . Acessado em Fevereiro de 2010.

Eletrônica.org, Home Page: <http://www2.eletronica.org/> . Acessado em Fevereiro de 2010.

Microcontrolador, Home Page: <http://www.microcontrolador.com.br/> . Acessado em Fevereiro de 2010.

Yahoo Geocities, Home Page: <http://www.geocities.com/>. Acessado em Fevereiro de 2010.

SCIELO BRAZIL, Home Page: <http://www.scielo.br>. Acessado em abril de 2010.

AMBIENTE BRASIL, Home Page: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br>

Microchip, Home Page: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/41190c.pdf>. Acessado em Fevereiro de 2010.

AMAnatureza, Home Page: <http://amanatureza.com/conteudo/noticias/conscientizacao-melhora-mas-desperdicio-de-agua-ainda-e-grande>. Acessado em Fevereiro de 2010.

Eletrônica.org, Home Page: <http://www2.eletronica.org/artigos/eletronica-digital/padrao-serial-rs-232>. Acessado em Fevereiro de 2010.

Newton C. Braga, Home Page: <http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/1556-bc548-bc558.html>. Acessado em Fevereiro de 2010.

Ivair José de Souza, Home Page: <http://ivairijs.vilabol.uol.com.br/regulador1.html>. Acessado em Fevereiro de 2010.

J. R. Kaschny, Home Page: <http://physika.info/physika/documents/diodos.pdf>. Acessado em Fevereiro de 2010.

Feira de Ciências, Home Page: http://www.feiradeciencias.com.br/sala12/12_T02.asp. Acessado em Fevereiro de 2010.

Compute-rs.com, Home Page: <http://www.compute-rs.com/pt/conselho-304654.htm>. Acessado em Março de 2010.

Aliatron, Home Page: http://www.aliatron.com/parallax/fol_microe.pdf. Acessado em Março de 2010.

APÊNDICE

Apêndice A

Programa em linguagem BASIC

```
Include "modedefs.bas"          ' chama rotinas de porta serial

Define  OSCCAL_1K    1          ' Calibra o oscilador interno

' Define ADCIN parameters
Define  ADC_BITS     10        ' ajusta para ler em 10 bits
Define  ADC_CLOCK     3        ' Set clock source (3=rc)
Define  ADC_SAMPLEUS  50       ' ajusta para leitura a cada 50ms

ADCON0.7 = 1                  ' retorna a leitura para casas a esquerda
ANSEL = %00000001            ' ajusta para ADC na porta gp0
CMCON = 7                     ' desabilita comparadores

b0 VAR byte

MEDIDO VAR Word               ' determina que variável "MEDIDO" é do tipo word
BAUD   CON 16780              ' t2400 para envio

RX  VAR gpio.3               ' coloca porta pic na variável
TX  VAR gpio.4

rele var gpio.5

loop:

serin RX,n2400,["A"],b0      ' recebe A letra A + pedido para ligar ou desligar rele

if b0 = "L" then gosub ligar  ' compara se chegou L ou D
if b0 = "D" then gosub desligar

ADCIN 0,MEDIDO               ' coloca o valor da leitura na variável MEDIDO

if medido < 10 then treszeros ' compara se a leitura tem 2 ,3 ou 4 algarismos
if medido < 100 then doiszeros
if medido < 1000 then umzero

PAUSE 50
SEROUT2 TX,BAUD,[DEC MEDIDO,13,10] ' envia leitura sem adicionar espaços
GOTO LOOP

treszeros:

PAUSE 50 'pausa 50 milisegundos
SEROUT2 TX,baud,[" ",#MEDIDO,13,10] 'envia leitura com 3 espaços
goto loop

doiszeros:

PAUSE 50 'pausa 50 milisegundos
SEROUT2 TX,baud,[" ",#MEDIDO,13,10] ' envia leitura com dois espaços
goto loop
```

umzero:

PAUSE 50 'pausa 50 milisegundos

SEROUT2 TX, baud, [" ", #MEDIDO, 13, 10] ' envia leitura com um espaço

goto loop

ligar:

high rele 'liga rele

return 'retorna

desligar:

low rele 'desliga rele

return 'retorna

Apêndice B

Programa em linguagem DELPHI

```
unit Serial01;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, Buttons, CPort, ExtCtrls;

type
  TForm1 = class(TForm)
    ComPort1: TComPort;
    Panel8: TPanel;
    btnConectar: TSpeedButton;
    Label1: TLabel;
    cboxPort: TComboBox;
    Edit1: TEdit;
    Label14: TLabel;
    Label16: TLabel;
    Timer1: TTimer;
    Edit2: TEdit;
    Label2: TLabel;
    Timer2: TTimer;
    Label4: TLabel;
    Edit3: TEdit;
    Label3: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Label6: TLabel;
    Label7: TLabel;
    Label8: TLabel;
    procedure btnSairClick(Sender: TObject);
    procedure ComPort1Close(Sender: TObject);
    procedure ComPort1Open(Sender: TObject);
    procedure ComPort1RxChar(Sender: TObject; Count: Integer);
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
    procedure cboxPortChange(Sender: TObject);
    procedure btnConectarClick(Sender: TObject);
    procedure FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
    procedure Timer1Timer(Sender: TObject);
    procedure Button14Click(Sender: TObject);
    procedure Button15Click(Sender: TObject);
    procedure Timer2Timer(Sender: TObject);

  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  Form1: TForm1;           //definição de variáveis
Leitura : string;
x : integer = 0;
porcento: real;
```

```

y: integer;
referencia: real;
umidadebaixa: real;
umidadealta: real;

implementation

{$R *.DFM}

procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
    cboxPort.ItemIndex := Integer(ComPort1.Port);
end;

procedure TForm1.btnConectarClick(Sender: TObject);
begin
    if ComPort1.Connected then      // Conecta/Desconecta programa da COMx
    begin
        ComPort1.Close;
    end
    else
    begin
        ComPort1.Open;
    end;
end;

procedure TForm1.ComPort1Close(Sender: TObject);
begin
    btnConectar.Caption := 'Conectar';
end;

procedure TForm1.ComPort1Open(Sender: TObject);
begin
    btnConectar.Caption := 'Desconectar';
end;

procedure TForm1.cboxPortChange(Sender: TObject);
begin
    ComPort1.Port := TPortType(cboxPort.ItemIndex);
end;

procedure TForm1.btnSairClick(Sender: TObject);
begin
    Close;      // Encerra a execução do programa
end;

procedure TForm1.FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
begin
    if ComPort1.Connected then      // Ao fechar o programa, assegura a desconexão
    begin
        ComPort1.Close; // fecha a porta antes de encerrar o programa
    end;
end;

procedure TForm1.ComPort1RxChar(Sender: TObject; Count: Integer);
var
    Str: String;
    i : integer;
    aux : string;

```

```

t : char;

begin

ComPort1.ReadStr(Str,count);

edit1.text := edit1.text + str; //edit1 serve para guardar temporariamente o string para ser usado no label
especifico de cada placa

    for I := 1 to length(edit1.text) do begin
        t := edit1.text[i];
        case t of
            #0..#31 : {não mostrar} ;
            #126..#255: {não mostrar} ;
        else
            aux := aux + t;
        end;
    end;

if length(aux) = 4 then // se o string tem 13 caracteres..
    begin
        Leitura := copy(aux,1,4); // retorna os 4 primeiros caracteres na variavel "dispositivo"

        label14.caption:=(leitura); // apresenta dispositivo

        referencia:= StrToFloat( leitura);

        if referencia >= 220 then
            begin
                porcento:= 100; // atribui a umidade do solo = 100%
            end;
        if referencia < 220 then
            begin
                if referencia >=180 then
                    begin
                        porcento:= 90; // atribui a umidade do solo = 90%
                    end;
                if referencia >= 160 then
                    begin
                        porcento:= 70; // atribui a umidade do solo = 70%
                    end;
                if referencia < 160 then
                    begin
                        if referencia >40 then
                            begin
                                porcento:= 60; //atribui a umidade do solo = 60%
                            end;
                        if referencia <= 40 then
                            begin
                                if referencia >= 30 then
                                    begin
                                        porcento:= 50; //atribui a umidade do solo = 50%
                                    end;
                                if referencia < 30 then
                                    begin
                                        if referencia >=20 then
                                            begin
                                                porcento:= 30; //atribui a umidade do solo = 30%
                                            end;
                                        end;
                                    end;
                                end;
                            end;
                        end;
                    end;
                end;
            end;
        end;
    end;

```

```

        if referencia < 20 then
            begin
                if referencia >= 10 then
                    begin
                        porcento:= 20;      //atribui a umidade do solo = 20%
                    end;
                if referencia < 10 then
                    begin
                        porcento:= 0;      //atribui a umidade do solo = 0%
                    end;
                end;
            end;
        end;

    end;

    end;

    y:=Trunc(porcento);
    label5.caption:=IntToStr(y);

end;

end;

procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);

begin

if ComPort1.Connected then

    comports1.writestr(#65#42);    // envia A* apenas faz o pedido do sensor analógico sem comandar
    o relé.
    sleep(50);                    // porta precisa de 50ms para enviar este string
    edit1.text := ";              // apaga edit1 para dar espaço ao proximo byte

end;

procedure TForm1.Button14Click(Sender: TObject);
begin
    TIMER1.ENABLED:=FALSE;
    if ComPort1.Connected then
        comports1.writestr(#65#76);    // envia AL
        sleep(50);                    // porta precisa de 50ms para enviar este string
        TIMER1.ENABLED:=TRUE;

end;

procedure TForm1.Button15Click(Sender: TObject);
begin
    if ComPort1.Connected then
        TIMER1.ENABLED:=FALSE;
        comports1.writestr(#65#68);    // envia AD
        sleep(50);                    // porta precisa de 50ms para enviar este string
        TIMER1.ENABLED:=TRUE;

end;

```

```

procedure TForm1.Timer2Timer(Sender: TObject);
begin

    umidadebaixa:= StrToFloat( edit2.Text );    //converte o edit2 em float e salva na variável real =
umidadebaixa
    umidadealta:= StrToFloat( edit3.Text );    //converte o edit3 em float e salva na variável real =
umidadealta

    if
mínimo    y <= umidadebaixa    //compara a porcentagem do campo Leitura % com o Percentual

        then
            begin
                if ComPort1.Connected then
                    comport1.writestr(#65#76);    // envia AL
                    sleep(50);    // porta precisa de 50ms para enviar este string
                end;
            begin

        if
            y >= umidadealta    //compara a porcentagem do campo Leitura % com o Percentual máximo

                then
                    begin
                        if ComPort1.Connected then
                            comport1.writestr(#65#68);    // envia AD
                            sleep(50);    // porta precisa de 50ms para enviar este string
                        end;
                    end;
            end;
end;
end.

```